

© EPODOC / EPO

PN - JP62013008 A 19870121  
 PD - 1987-01-21  
 PR - JP19850152816 19850710  
 OPD- 1985-07-10  
 TI - UNIFORM MAGNETIC FIELD GENERATOR  
 IN - NISHIKAWA TAKAHISA  
 PA - SHIMADZU CORP  
 IC - A61B10/00 ; G01N24/06 ; G01R33/22 ; H01F7/20  
 © WPI / DERWENT

TI - Uniform magnetic field generator for NMRCT - has specified ratio of radius to distance from centre for inner, middle, and outer coils and turn ratio of them NoAbstract Dwg 1/3

PR - JP19850152816 19850710  
 PN - JP62013008 A 19870121 DW198709 003pp  
 PA - (SHMA ) SHIMADZU SEISAKUSHO KK  
 IC - A61B10/00 ; G01N24/06 ; G01R33/22 ; H01F7/20  
 OPD- 1985-07-10  
 AN - 1987-059625 [09]  
 © PAJ / JPO

PN - JP62013008 A 19870121  
 PD - 1987-01-21  
 AP - JP19850152816 19850710  
 IN - NISHIKAWA TAKAHISA  
 PA - SHIMADZU CORP  
 TI - UNIFORM MAGNETIC FIELD GENERATOR  
 AB - PURPOSE: To compose a magnet having a short axial direction by deciding the ratio of radii of inner, intermediate and outer coils to a distance from the central position, and the ratio of the numbers of windings of the inner, intermediate and outer coils to the prescribed values.  
 - CONSTITUTION: Three coil pairs composed of two coils having equal number of windings disposed on a central axis are disposed symmetrically to the central position. When the radii of inner coils 1, 2 of three coil pairs having substantially equal radii of the center of the sections of the coils are 0.5 and the number of windings of the inner coils is N1, the radii of the intermediate coils 3, 4 and the outer coils 5, 6 fall within 0.5+ or -0.05. The distances between the inner, intermediate and outer coils and the central position A fall respectively 0.0510+ or -0.0080, 0.2018+ or -0.0200, 0.5304+ or -0.0400, and the numbers of the windings of the intermediate and outer coils fall respectively within N1X(1.902+ or -0.200), N1X(5.258+ or -0.600).  
 I - H01F7/20 ; A61B10/00 ; G01N24/06 ; G01R33/22

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-13008

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)1月21日

H 01 F 7/20

A 61 B 10/00

G 01 N 24/06

G 01 R 33/22

3 2 0

6447-5E

7033-4C

7621-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 均一磁界発生装置

⑯ 特 願 昭60-152816

⑰ 出 願 昭60(1985)7月10日

⑱ 発 明 者 西 川 隆 久 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所三条工場内

⑲ 出 願 人 株式会社島津製作所 京都市中京区河原町通二条下ルノ船入町378番地

⑳ 代 理 人 弁理士 西 田 新

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

均一磁界発生装置

## 2. 特許請求の範囲

中心軸上に配置した巻数が等しい2個のコイルから構成されるコイル対を3対中心位置に関し対称に配置した磁界発生装置であって、各々のコイルの断面中心半径が略同一である上記3対のコイル対の内コイルの上記半径を0.5とし、この内コイルの巻数を $N_1$ としたときに、上記3対のコイル対の中コイルと外コイルの上記半径が $0.5 \pm 0.05$ の範囲にあり、上記内コイル、中コイル並びに外コイルと上記中心位置との間の距離が各々 $0.0510 \pm 0.0080$ ,  $0.2018 \pm 0.0200$ ,  $0.5304 \pm 0.0400$ の範囲にあり、上記中コイルと外コイルの巻数が各々 $N_1 \times (1.902 \pm 0.200)$ ,  $N_1 \times (5.258 \pm 0.600)$ の範囲にあることを特徴とする均一磁界発生装置。

## 3. 発明の詳細な説明

&lt;産業上の利用分野&gt;

(1)

本発明は、均一磁界発生装置に関し、例えばNMRC T装置に用いられるものである。

&lt;従来の技術&gt;

従来、高均一磁場を発生させる超電導マグネットにおける線材の巻き方は、第2図に示すソレノイドコイル方式あるいは第3図に示すソレノイドコイルとノッチコイルの組み合わせ方式がとられていた。

&lt;発明が解決しようとする問題点&gt;

上述の磁界発生装置の欠点は、高均一磁場を得るためには軸方向(Z方向)に長いマグネットになってしまうことである。

このため、この超電導マグネットを用いたNMRC T装置においては、人間が入る内ボアが奥の深い穴になり、患者に恐怖感を与えるとともに、アンテナの設置その他の点で取り扱いにくいものになっていた。また、コイルの線材も大量に必要とし、線材が高価であることから、NMRC T装置のコストが高くなるという問題点を有していた。

(2)

## &lt;問題点を解決する為の手段&gt;

本発明の均一磁界発生装置は、中心軸上に配置した巻数が等しい2個のコイルから構成されるコイル対を3対中心位置に関し対称に配置した磁界発生装置であって、各々のコイルの断面中心半径が略同一である上記3対のコイル対の内コイルの上記半径を0.5とし、この内コイルの巻数を $N_1$ としたときに、上記3対のコイル対の中コイルと外コイルの上記半径が $0.5 \pm 0.05$ の範囲にあり、上記内コイル、中コイル並びに外コイルと上記中心位置との間の距離が各々 $0.0510 \pm 0.0080$ ,  $0.2018 \pm 0.0200$ ,  $0.5304 \pm 0.0400$ の範囲にあり、上記中コイルと外コイルの巻数が各々 $N_1 \times (1.902 \pm 0.200)$ ,  $N_1 \times (5.258 \pm 0.600)$ の範囲にあることを特徴としている。

## &lt;実施例&gt;

以下、本発明の一実施例について説明する。

第1図は均一磁界発生装置のマグネットの断面構成を示す。2個の内コイル1, 2からなる内コイル対と、2個の中コイル3, 4からなる中コイル対と、2個の外コイル5, 6からなる外コイル対の3対のコイル対が、支持部材7により軸Z上に同軸状に且つ均一磁界発生装置の中心位置Aについて対称に配置される。内コイル1, 2は中心位置AからZ軸方向に左右に距離 $d_1$ の位置にそれぞれ配置され、中コイル3, 4は中心位置AからZ軸方向に左右に距離 $d_2$ の位置にそれぞれ配置され、外コイル5, 6は中心位置AからZ軸方向に左右に距離 $d_3$ の位置にそれぞれ配置される。距離 $d_2$ は距離 $d_1$ より大であり、距離 $d_3$ は距離 $d_2$ より大である。コイル1, 2, 3, 4, 5, 6の断面中心半径は $a$ 、内コイル1, 2の巻数は $N_1$ 、中コイル3, 4の巻数は $N_2$ 、外コイル5, 6の巻数は $N_3$ である。

(3)

この磁界発生装置で均一な磁界とは、Z軸での均一性が高い磁界である。それ故、Z軸上の磁界の強さ $H(z)$ をZの巾の級数として、

$$H(z) = f_0 + f_2 Z^2 + f_4 Z^4 + f_6 Z^6 + \dots \quad (1)$$

と表したとき (コイル配置は対称であるからZ

(4)

の奇数乗の項は現れない)、係数 $f_2$ ,  $f_4$ ,  $f_6$ …がほぼ零となるようにする必要がある。本発明においては、 $f_2$  および  $f_4$  を概略零となるようにし、 $f_6$  が最も小さな値を持つようにすることにより、Zが充分小さい範囲で均一な磁界を実現する。

内コイル対を構成するコイル1, 2によりZ軸上に発生する磁場 $H(d_1, N_1, Z)$ は、

$$H(d_1, N_1, Z) \propto \frac{a^2 N_1}{\{a^2 + (Z + d_1)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_1}{\{a^2 + (Z - d_1)^2\}^{\frac{3}{2}}}$$

中コイル対を構成するコイル3, 4によりZ軸上に発生する磁場 $H(d_2, N_2, Z)$ は、

$$H(d_2, N_2, Z) \propto \frac{a^2 N_2}{\{a^2 + (Z + d_2)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_2}{\{a^2 + (Z - d_2)^2\}^{\frac{3}{2}}}$$

外コイル対を構成するコイル5, 6によりZ軸上

(5)

に発生する磁場 $H(d_3, N_3, Z)$ は、

$$H(d_3, N_3, Z) \propto \frac{a^2 N_3}{\{a^2 + (Z + d_3)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_3}{\{a^2 + (Z - d_3)^2\}^{\frac{3}{2}}}$$

で表わされる。

したがって、各々のコイルがZ軸上に発生する磁界の強さを総合すると、 $H(z)$ は次式のようになる。

$$H(z) \propto \frac{a^2 N_1}{\{a^2 + (Z + d_1)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_1}{\{a^2 + (Z - d_1)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_2}{\{a^2 + (Z + d_2)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_2}{\{a^2 + (Z - d_2)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_3}{\{a^2 + (Z + d_3)^2\}^{\frac{3}{2}}} + \frac{a^2 N_3}{\{a^2 + (Z - d_3)^2\}^{\frac{3}{2}}}$$

(6)

$$+ \frac{a^2 N_3}{\{a^2 + (Z - d_3)^2\}^{\frac{3}{2}}} \quad \dots (2)$$

(2)式をテイラー展開して(1)式を得る。この場合、係数 $f_n$  ( $n = 0, 2, 4, 6, \dots$ )は、次式で求められる。

$$f_n = \frac{1}{n!} \frac{d^n}{dz^n} H(0) \quad \dots (3)$$

ただし $\frac{d^n}{dz^n} H(0)$ は $H$ を $Z$ で $n$ 回微分した場合の $Z = 0$ における値である。

上述の均一な磁界を実現する条件は次のように書くことができる。

$$f_2 = \frac{1}{2} \frac{d^2}{dz^2} H(0) = 0 \quad \dots (4)$$

$$f_4 = \frac{1}{4!} \frac{d^4}{dz^4} H(0) = 0 \quad \dots (5)$$

$$f_6 = \frac{1}{6!} \frac{d^6}{dz^6} H(0) \quad \dots (6)$$

(7)

$d_1, d_2, d_3$ が各々 $0.0510 \pm 0.0080, 0.2018 \pm 0.0200, 0.5304 \pm 0.0400$ の範囲にあり、中コイル3, 4と外コイル5, 6の巻数 $N_2, N_3$ が各 $N_1 \times (1.902 \pm 0.200), N_1 \times (5.258 \pm 0.600)$ の範囲にある。この場合、あるパラメーターを少し変化させると他のパラメータの最適値も少しづつ変化するので、上述のようにある程度の範囲を定めている。

このように、コイル1, 2, 3, 4, 5, 6の断面中心半径 $a$ と中心位置 $A$ との間の距離 $d_1, d_2, d_3$ との比率およびコイル1, 2の巻数 $N_1$ とコイル3, 4の巻数 $N_2$ およびコイル5, 6の巻数 $N_3$ との比率を定めると、 $Z$ 軸上で均一な磁界が得られる。上述のようにパラメータを設定して計算シミュレーションを行った結果、中心位置 $A$ から半径25cmの球状空間の内部で磁場の均一度は60ppmであった。

なお、第1図に示すコイルの断面形状は正方形であるが、これは長方形又は円形等であってもよいことは言うまでもない。

(9)

(4), (5), (6)の条件を満たすように定数 $a, d_1, d_2, d_3, N_1, N_2, N_3$ を定めることにより、均一な磁界を得る。

この6コイル方式の場合、 $Z$ 軸上の磁場は、

$$H(z) \propto H(d_1, N_1, Z) +$$

$$H(d_2, N_2, Z) + H(d_3, N_3, Z)$$

で表わすことができる。したがって、 $Z$ 軸上のいくつかの点をサンプルポイントとしてパラメータ $d_1, N_1, d_2, N_2, d_3, N_3$ を種々変えることにより、 $Z$ 軸上の中心位置 $A$ に近いサンプルポイントで均一な磁界となるパラメータ $d_1, N_1, d_2, N_2, d_3, N_3$ を見出すことができる。

均一磁界を得るために上述の方法により求めたパラメータの比率は、次のとおりである。内コイル1, 2の断面中心半径 $a$ を0.5とし、この内コイル1, 2の巻数を $N_1$ とすると、中コイル3, 4と外コイル5, 6の断面中心半径が $0.5 \pm 0.05$ の範囲にあり、内コイル1, 2、中コイル3, 4並びに外コイル5, 6と中心位置 $A$ との間の距離

(8)

#### <発明の効果>

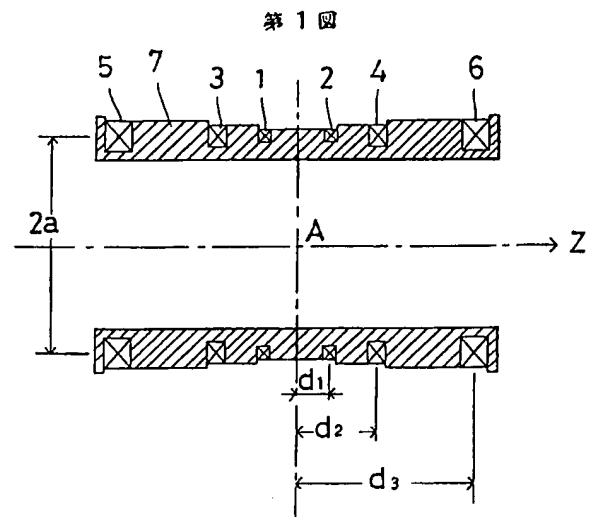
以上説明したように、本発明においては、内コイル、中コイル並びに外コイルの半径と中心位置からの距離との比率および内コイル、中コイル並びに外コイルの巻数比を所定値に定めたことにより、軸方向に短いマグネットを構成することができ、同半径の従来のマグネットに比べて約3/4に小さくすることができるとともに、線材も従来の約3/4程度に減らすことができるので、コストダウンが達成できる。さらに、このマグネットを超電導マグネットに適用した場合、小型化できることから周囲からの放射熱の吸収が少なくなり、運転に要するエネルギーを少なくすることができる。さらに、このマグネットを用いたNMRC装置においては、人間が入る内ボアが浅くなり、患者に恐怖感を与えることがない。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明実施例の概略断面構成を示す図、第2図と第3図は従来例の断面構成を示す図である。

(10)

1, 2 … 内コイル  
 3, 4 … 中コイル  
 5, 6 … 外コイル  
 A … 中心位置  
 a … 断面中心半径  
 $d_1, d_2, d_3$  … 距離



特許出願人 株式会社島津製作所  
 代理人 弁理士 西田 新

(11)

